

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-117006

(43)Date of publication of application : 06.05.1998

(51)Int.Cl.

H01L 31/04

(21)Application number : 09-242126

(71)Applicant : KANEGAFUCHI CHEM IND CO LTD

(22)Date of filing : 21.08.1997

(72)Inventor : NAKAJIMA AKIHIKO

YOSHIMI MASASHI

SUZUKI TAKAYUKI

YAMAMOTO KENJI

(30)Priority

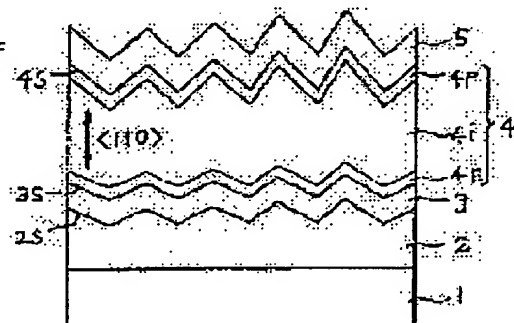
Priority number : 08241195 Priority date : 23.08.1996 Priority country : JP

(54) THIN-FILM PHOTOELECTRIC CONVERSION DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a thin-film photoelectric conversion device having improved optical absorption efficiency.

SOLUTION: The device contains a polycrystalline photoelectric conversion layer (4) and a metallic thin film (3), covering one main surface thereof. The polycrystalline photoelectric conversion layer (4) has an average thickness within a range of 0.5 to 20 μm . At least one of both main surfaces of the polycrystalline photoelectric conversion layer (4) has a surface texture structure, and the texture structure contains fine irregularities having a difference of elevation which is smaller than half a thickness of the polycrystalline photoelectric conversion layer (4) and practically in a range of 0.05 to 3 μm .



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C): 1998,2000 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (JP)

中國公司五折換(二)

特開平10-117006

(43)公開日 平成10年(1998)5月6日

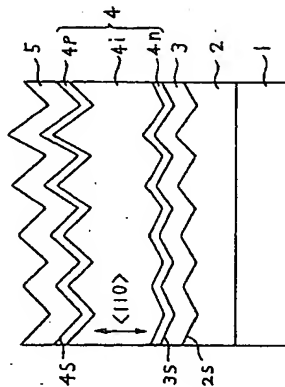
(51)IntCl. [*] H01L 31/04	特許配号 H01L 31/04	F I H01L 31/04	H
			登録請求 未請求 請求項の図13 F D (全 8 頁)
(21)出願番号	特願平9-242126	(71)出人	0000005941
(22)出願日	平成9年(1997)8月21日		口碩化学工業株式会社
(31)優先权主張番号	特願平8-241195	(72)発明者	中島 昭彦
(32)優先日	平8(1996)8月23日		姫路市山辺区梅森町1-20-3
(33)優先权主張国	日本(JP)		吉見 絹士
			神戸市東灘区北港合1-1-324-403
			鈴木 敦之
			神戸市垂水区西子台6-6-532
			山本 昌治
			神戸市西区谷野多台1丁目2-W1406
			(74)代理人 井原士 渡見 久郎 (外2名)

(54)【発明の名称】 荷重光電変換装置

【(57)】(25)【(57)】(25)

【課題】 光吸収効率の改善された薄膜光電変換装置を
提供する。

【解決手段】 陽極光電変換装置は、多結晶光電変換層(1)と、その上面を覆う金属薄膜(3)とを有し、多結晶光電変換層(1)は、0.5〜2.0μmの範囲内の平均厚さを有し、多結晶光電変換層(1)の側面の少なくとも一方は表面テクスチャ構造を有し、そのテクスチャ構造は多結晶光電変換層(1)の厚さの1/2より小さくかつ実質的に0.05〜3μmの範囲内の高低差を有する微細な凹凸を有している。



(2)

【特許權の管理】

【請求項 1】 第 1 と第 2 の主面を有しかつ実質的に多結晶の光電変換層と、

前記第2の主面を有する金属薄膜とを含み、前記多結晶光电変換層は実質的に多結晶シリコン薄膜からなりかつ0.5~2.0 μ mの範囲内の平均厚さを有

少なくとも前記第1の主面は表面テクスチャ構造を有し、そのテクスチャ構造は前記平均厚さの $1/2$ より小さくかつ実質的に $0.05 \sim 3 \mu\text{m}$ の範囲内の高低差を有する微細な凹凸を含むことを特徴とする薄膜光電変換装置。

【請求項2】 前記多結晶光電変換層に含まれる多くの結晶粒の＜110＞方向は前記厚さの方向に対してずれた角度が15度以下の範囲内ではほぼ平行であることを特徴とする請求項1に記載の薄層光電変換装置。

【請求項3】 前記第2の主面も表面テクスチャ構造を有し、そのテクスチャ構造は前記平均厚さの1/2より小さくかつ実質的に0.05~3μmの範囲内の高低差を有する微細な凹凸を含むことを特徴とする請求項1または2に記載の薄膜光電変換装置。

【請求項4】 前記多結晶光電変換層は、体積結晶化分率80%以上の多結晶シリコンであって、その水素含有量は0.1原子%以上で30原子%以下であることを特徴とする請求項1から3のいずれかの項に記載の薄層光電変換装置。

【請求項5】 前記多結晶光電変換層は、 $1\sim10\mu\text{m}$ の平均厚さを有し、また前記第1と第2の主面の少なくとも一方が有する表面テクスチャ構造は、 $0.08\sim1\mu\text{m}$ の範囲内の高低差を有する微細な凹凸を含むことを特徴とする請求項1から4のいずれかの項に記載の薄膜光電変換装置。

【請求項6】 前記第1と第2の主面の少なくとも一方に有する表面テクスチャ構造は、 $0.1 \sim 0.5 \mu\text{m}$ の範囲内の高低差を有する微細な凹凸を含むことを特徴とする請求項5に記載の導波管装置。

【請求項7】 前記金膜薄膜は500～1200nmの波長域内の波長の光に対して高い反射率を有することを特徴とする請求項1から6のいずれかの項に記載の薄膜光重なり構造層。

【図表項8】 前記金属薄膜のうち、少なくとも前記多結晶光電変換層に對する面はAg, Au, Cu, Al, PtおよびPtから選択された1つまたはそれを含む合金によって形成されていることを特徴とする請求項7に記載の薄膜光電変換装置。

【請求項9】 前記金属薄膜と前記多結晶光電変換層と
との間に、 $0.005 \sim 0.15 \mu\text{m}$ の範囲内の厚さを有
する透明導電性または透光性半導体のパツア層が介在
させられていることを特徴とする請求項1から8のい
ずれかの項に記載の薄膜光電変換装置。

【請求項10】 前記バッファ層は ZnO 、 InO_3 、 SnO_2 、 ZnS 、 Fe_2O_3 、 TiO_2 、 $ZnSe$ および ZnS から選択された1つを含むことを特徴とする請求項9に記載の薄膜光電変換装置。

【請求項1】 前記表面テクスチャ構造を有する前記多結晶光電変換層は前記平均厚さの10倍以上の有効光吸収を有することを特徴とする請求項1から10のいずれか1項に記載の薄層光電変換装置。

【請求項12】 前記表面テクスチャ構造を有する前記多結晶光電変換層は800nmの波長の光に関して50%以上の外部量子効率を有することを特徴とする請求項1から11のいずれかの項に記載の薄膜光電変換装置。

【請求項13】 前記多結晶光電変換層の前記第1の主面上に堆積された実質的にアモルファスのシリコン薄膜からなるアモルファス光電変換層をさらに含むことを特徴とする請求項1から12のいずれかの項に記載の薄膜光電変換装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は薄膜光電変換装置の
変換効率の改善に関し、特に、多結晶薄膜光電内にお
ける光電変換効率の改善に関するものである。

[0002]

【従来の技術】光電変換装置用の光電材料に関する重要な因子として、有効波長感度領域の広さ、光吸収係数の大きさ、キャリア移動度の大きさ、少数キャリアの寿命の長さなどがある。これらのいずれもが光電変換装置の効率化において重要な物性パラメータであるが、特に、薄層光電変換装置においては吸収係数の大きさが阻害的な因子となる。すなわち、光電変換層が薄膜であると、吸収係数の小さな長波長領域において十分な光吸収を生ずる。光電変換層が光電変換層の厚みによって制限されたことになる。したがって、長波長の光に感度を有かつ高い吸収係数を兼ね備えた薄層光電変換装置が望まれている。

[0003]

【発明が解決しようとする課題】近年、薄膜多結晶シリコン太陽電池に代表的に用いられているように、幅広い波長領域の光に感度を有する薄膜光電材料が開発されていまいし、光電材料が薄膜である場合、光の波長が光吸収が薄いことによって光電材料の吸収係数が減少するので、薄膜全体における有効な光電変換が困難となる。

【0004】かかる事情に鑑み、本発明は、光電変換層内に射入した光が外部に逃げにくい光散乱構造を形成することによって、大きな光電流を発生させる得る薄型光電変換装置を提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段】本発明による薄膜光電変換装置は、第1と第2の主面を有しかつ実質的に多結晶

(3)

の光電変換と、その第2の面を覆う金属薄膜とを有する。多結晶光電変換層に実質的に多結晶シリコン薄膜がなみ、かつ $0.5 \sim 2.0 \mu\text{m}$ の範囲内の平均厚さを有し、多結晶光電変換層の少なくとも第1の面は表面がスクスチャ構造を有し、そのテクスチャ構造は多結晶光電変換層の平均厚さの $1/2$ より小さくかつ実質的に $0.5 \sim 3 \mu\text{m}$ の範囲内の最低値を有する微細な凹凸を含むことを特徴としている。

【0006】なお、多結晶光電変換層に含まれる多くの結晶粒の $<110>$ 方向は、多結晶光電変換層の厚さ方向に対してずれ角が 15° 以下の範囲内ではほぼ平行であることが好ましい。

【0007】また、多結晶光電変換層の第2の主面も真面テクスチャ構造を有し、そのテクスチャ構造は多結晶光電変換層の厚さの $1/2$ より小さかつ実質的に $0.05 \sim 3 \mu\text{m}$ の範囲内の高値差を有する微細な凹凸を含むことが好ましい。

【0008】さらに、多結晶光電変換層は体積結晶化分率80%以上の多結晶シリコンであって、その水素含有率が0.1原子%以上で30原子%以下であることが好ましい。

【0009】さらに、多結晶光電変換膜の第2の主面を覆う金属薄膜のうち、少なくとも多結晶光電変換膜に対面する面はAg, Au, Cu, AlおよびPtから選択された1つまたはそれを含む合金によって形成されていることが好ましい。

【0010】さらに、金属薄膜と多結晶光電変換層との間に、 $0.05 \sim 0.15 \mu\text{m}$ の範囲内の厚さを有する透明導電性または透光性導体のバッファ層が介在させていることが好ましい。

【0011】さらに、薄膜光電変換装置は、多結晶光電変換層の第1の主面上に堆積せられた実質的にアモルファスのシリコン薄膜からなるアモルファス光電変換層をさらに含むことも好ましい。

【0012】
【発明の実施の形態】図1において、本発明の1つの実施の形態による薄膜光電変換装置が模式的断面図で概略的に図解されている。この薄膜光電変換装置は、ガラス基板1上に順次積層された下導電層2、金属反射層3、多結晶光電変換層4、および透明導電層5を含んでいる。

【0013】地下発電用2としては、たとえば500℃以上の温度において熱CVD法を用いて、高温域にリンゲドアップされたn⁺型多結晶シリコン層をガラス基板1上に堆積することができる。このとき、熱CVD条件（温度、圧力、反応ガス濃度等）を適切に調節することによって、地下発電用2の自由表面2Sに微細な凹凸を凸凹むけ構造を形成することができる。これらの凹凸はたとえば0.05~3μmの範囲内の高低差で形成し得る。

(4)

先的に散乱させることにより、特に長波長の光に関する光吸収量を増大させることができる。

【0020】ここで、光の空変側から固体媒質に入射する場合、光はその波長に近いサイズの表面凹凸構造との強い相互作用によって大きな乱散効果を生じる。シリコンのように高い屈折率 n を有する媒質内では伝播する光の波長 λ 、 n となるので、光電変換層4の内部から界面3Sまでの凹凸表面4Sに到達した光がそこで強く散乱されて再び光電変換層4内に閉じ込められるための凹凸のサイズとして、空气中での光の波長を $\lambda/10$ 倍したものに相当する範囲が好ましい。したがって、界面3Sおよび凹凸表面4Sにおける高低差は $0.08 \sim 1 \mu\text{m}$ の範囲にあることがより好ましい。

【00021】また、多結晶シリコン薄膜の厚さがたとえ1μmの場合、入射光のうちで、そのシリコン薄膜の表面まで到達してその表面と裏面との間の多重反射で閉じ込められる光は約500nm以上の波長を有するものである。他方、シリコンに吸収される光電変換に実質的な寄与し得る光の波長は短波長側で約100nmまでである。ここで、500～1000nmの波長域ではシリコン膜の屈折率 n は約3.5であるので、光散乱が強いと仮定したときの表面テクスチャのざらに好ましい凹凸サイズは、その波長を $1/n$ 倍したものの約75～175%の範囲であって、すなわち0.1～0.5μmの範囲が最も好ましい。

【0022】地下発電用2として、透明導電性酸化物質を形成することも可能である。図2は、希圧の熱CVD法によって500℃のガス基板1上に堆積したFドープAsSnO₂の表面テクスチャ構造を示す透過型電子顕微鏡(TEM)写真である。図2において、地下発電用2の凹凸表面2Sを明確に観察することができる。

【0023】図3は、図2に示されているような下地材、電阻2の表面テクスチャ構造における凹凸の分布をAFM（原子間力顕微鏡）を用いて測定した結果を示すグラフである。このグラフにおいて、縦軸は凹凸表面の最も突出した点を基準に定められた0レベルからの深さ（nm）を表わし、横軸はその深さの位置に存在する自由表面の相対的頻度を表わしている。この測定は、5000nm×5000nmの正方形領域を縦横にブロックでスキャンすることによって行われた。図3のグラフによれば、表面2Sの凹凸の平均レベルは基準の0レベルから約159nmの深さにあり、最も深い凹部が約318nmであることがわかる。

【0024】図4は、図1に示されているような薄膜光電変換装置の光学的な吸収特性を示すグラフである。このグラフにおいて、横軸は光の波長 (nm) を表わし、縦軸は吸収特性 (1-R-T) を表わしている。ここから、Rは光電変換装置の反射率を表わし、Tは透過率を表わしている。曲線4Aは図1に示されているような薄膜光電変換装置の特性を表わし、曲線4Bは、図1

【0014】金銀反射層3はバタリング法によって形成する。金銀反射層3の圧力は、たとえばターゲットを用いて、0.1〜50 mTorrの圧力の範囲で形成できる。な（高周波）放電を利用して形成することができる。なお、ターゲットとしては、Agの他にAu、Cu、Alを含むはPtまたはそれらの少なくともいずれかを含む合金も用いることができる。形成される金銀反射層3の自由表面3Sは、下地層2との界面2Sに対応した微細な凹凸を含む。

【0015】 實質的に多結晶の光電変換層4は、プラズマCVD法によって形成され得る。ここで、「實質的に多結晶」とは、完全に多結晶を意味するのみならず、少量のアモルファスを含む多結晶体をも含むことを意味している。たとえば、光電変換層4は、体積結晶化分率80%以上の多結晶シリコンで形成され得る。多結晶光電変換層4として、n型層4n、i型層4i、およびp型層4pが順次堆積される。プラズマCVD条件として、たとえば、0.1〜5 Torrの圧力と50〜550℃の温度の範囲を利用することができ、また、n型層4nは、たとえばボスラン、シラン、および水素を含む混合ガスを用いたプラズマCVD法によって形成され得る。次に、實質的に非晶の半導体であるi型層4iは、非晶型不純物を含まないシランガスと水素との混合ガスを用いたプラズマCVD法によって堆積される。さらにp型半導体層4pは、ジボラン、シラン、および水素を含む混合ガスを用いるプラズマCVD法によって堆積される。

【0016】このように形成された多結晶光電変換層4に含まれる多くの結晶粒の $\langle 110 \rangle$ 方向は、その光電変換層の厚さ方向に対して角が約 15° 以下の範囲内でほぼ平行になっている。

【0017】多結晶光電変換層4は約 $0.5 \sim 2.0 \mu\text{m}$ の範囲内の平均厚さに成長させられ、その自由表面4Sには微細な凹凸を含む表面フィジクス構造を有している。これらの凹凸4Sは、V字状の溝または角峰を含み、光電変換層4の平均厚さの $1/2$ より小さい範囲内で約 $0.05 \sim 3 \mu\text{m}$ の高低差を有している。

【0018】多結晶光電変換層4上には、さらに、たとえばITO（インジウム酸化物）による透明導電性酸化物（TCO）層5が透明電極として形成される。【0019】図1に示されているような多結晶光電変換層4においては、光が凹凹表面4Sで屈折して斜め入射し、さらに界面3Sと凹凹表面4Sとの間で多重反射を起し、さらに、反射光学率が増大し、薄層の凹凸により大きな光吸収量が得られる。界面4Sにおける凹の密度や基底層は多結晶光電変換層のプラズマCVD条件（温度、圧力、ガス流量、高周波電力等）の調節によって制御することができ、これにより、光電変換層4内で優先的に起こされる光の波長を選択することも可能である。すなわち、吸収長の波長が多結晶光電変換層4内で吸収

に類似しているが表面テクスチャ構造と金銀反射層3とを含まない薄層光電変換装置の吸収特性を表わしている。図4から明らかなように、図1に示されているような光閉込め構造を有する薄層光電変換装置においては、近赤外領域で顕著な光吸収を生じることが理解されよう。

【0025】図5は、図1に示されているような光閉込め構造を有する環状光電変換装置の外部量子効率を示している。すなわち、図5においては傾斜は光の波長（ n ）を表わし、縦軸は外部量子効率を表わしている。曲線5Aは図1に示されているような薄層光電変換装置の外部量子効率を表わし、曲線5Bは、図1に類似している外部量子効率を表わし、曲線5Cは、図1に類似しているがテクスチャ構造と金属反射層3を含まない構造を有する光電変換装置の外部量子効率を表わしている。図5から明らかなように、図1に示されているような光閉込め構造を有する薄層光電変換装置は、そのような光閉込め構造を有しないものにくらべて360～1200nmの広い波長範囲で優れた外部量子効率を示し、特に、800nmの長波長の光に関して約50%の高い外部量子効率を有している。

【0026】図6においては、表面テクスチャ構造を有した厚さ3 μm の厚さの多結晶光電変換膜4を含む光電変換装置1の光学特性の測定結果が示されている。図6のグラフにおいて、横軸は51の吸収係数の逆数の逆数を吸収長(nm)を表わし、縦軸は内部量子効率の逆数を表わしている。このグラフに示された多結晶光電変換膜は、260 μm の実効光子長を有している。すなわち、この多結晶光電変換膜の実効光子長は、その厚みの120倍に増大している。ここで、実効光子長は、シリコン単結晶の吸収係数が求めた吸収長と光電変換装置の1000nm以上の波長範囲の内部量子効率の逆数とを直接帰帰することによって得られる直線の勾配の逆数をとして求められる。

【0027】図1の構造を有する薄膜光電変換装置の一例として、TCO層2上、300nmのAg薄膜3・0.5原子層厚の水素を含み2 μ mの厚さを有する多結晶光電変換層4および厚さ80nmのITO層がなる透明電極5が順次積層された。このように形成された光電変換層5では、2.8mAの短絡電流、0.45Vの開放電圧、および9%の変換効率を得ることができた。

【0028】なお、図1に示されているような構造を有する薄層光電変換装置において、プラズマCVD法で形成される多結晶光電変換膜が、0.1原子%以上で30原子%以下の範囲内の水素を含有するとき、0.45V以上の開放電圧を得られ、1原子%以上で1.5原子%以下の範囲内の水素を含むときには0.5V以上の開放電圧を得ることが可能である。これは、多結晶光電変換膜が水素原子を含むことによって、光電変換膜内の欠陥が低減させられ得ることによるものと考えられる。水素原子の含有量は、2次元原子質量分析法によっても評価す

(5)

ることかできる。

【0029】なお、図1の薄膜光電変換装置は下地導電層2を含んでいないが、この下地導電層2は本発明において必ずしも不可欠なものではない。すなわち、ガラス基板1上に直接A層3を比較的厚く（約300nm～500nm）堆積すれば、下地層2がなくても、そのA層3の表面に微細な凹凸を含む表面テクスチャを形成することかできる。このようなA層3は、たとえば200～300℃の基板温度における真空蒸着によって形成することかできる。また、A層3とガラス基板1との間の付着性を考慮すれば、A層3とガラス基板1との間に約50nm厚さのTi薄膜層を挿入すればより好ましく、そのようなTi層はスパッタリングや蒸着によって形成することかできる。

【0030】図7は、本発明のさらに他の実施の形態による薄膜光電変換装置を模式的な断面図で図解している。図7の光電変換装置は図1のものに類似しているが、多結晶光電変換層4と金属反射層5との間に透明導電層からなるバッファ層3aが挿入されている。このバッファ層3aはキャリアの再結合を低減するように作用し、また金属層3からの反射光を光電変換層4内に閉じ込める効果を高めるように作用する。バッファ層3aとして、透明導電物質ZnO、 In_2O_3 、 SnO_2 およびCdOの少なくとも一つ、または透光性半導体物質 Fe_2O_3 、TiO₂、ZnSeおよびZnSの少なくとも一つを用いることができる。一例として、TCO層2上に、300nmのAg薄膜3；80nmのZnO薄膜からなるバッファ層3a；2μm厚さの多結晶光電変換層4；および80nmのITO層からなる透明導電層5を順次積層することによって、図7の構造を有する薄膜光電変換装置が作成された。この光電変換装置では、30mAの短絡電流、0.49Vの開放電圧、および11%の変換効率を得ることができた。

【0031】図8は、図7に示されているような薄膜光電変換装置のTEM写真の一例を示しており、下部の白い線分は200nmの長さを表わしている。図8のTEM写真においては、微細な凹凸を含む表面テクスチャ構造のみならず、多結晶光電変換層4内において<110>方向に延びる柱状晶が観察され得る。そして、それらの柱状品の<110>方向は、光電変換層の厚さ方向に対してすく角が約15度以下の範囲内でほぼ平行になっている。

【0032】図9は、図7に示されているような薄膜光電変換装置において、ZnOのバッファ層3aの厚さが分光感度スペクトルに及ぼす影響を示すグラフである。このグラフにおいて、縦軸は光の波長（nm）を、横軸は分光感度（A/W）を表わしている。この分光感度におけるWは入射光のエネルギーをワットで表わしたものであり、Aは光電変換装置から出力される電流密度をアンペアで表わしたものである。なお、下地導電層2

としてはTiが用いられた。曲線9A、9B、9Cは、それぞれ、80nm、1000nm、および0nmの厚さを有するZnOのバッファ層3aを含む光電変換装置に対応している。曲線9Aと曲線9Cの比較から明らかなように、80nmの厚さを有するZnOのバッファ層3aを含む光電変換装置は、そのようなバッファ層を含まない光電変換装置に比べて分光感度が著しく増大していることがわかる。しかし、曲線9Aと9Bの比較から明らかなように、ZnOバッファ層3aの厚さが100nmに増大せられた場合には、80nmの厚さのZnOバッファ層の場合に比べて、逆に分光感度が低下することか分かる。このような調査から、バッファ層3aの厚さは、0.005～0.15μmの範囲内にあることが好ましい。

【0033】図10は、本発明のさらに他の実施の形態による薄膜光電変換装置を模式的な断面図で図解的に図解している。図10の光電変換装置は図7のものに類似しているが、多結晶光電変換層4と透明導電層5との間にアモルファス光電変換層6が挿入されている。すなわち、図10の薄膜光電変換装置は、多結晶光電変換層4上にアモルファス光電変換層6が積層されたタンデム型のアモルファスシリコン層6i、およびp型のアモルファスシリコン層6pを含んでいる。図7の光電変換装置と同様に、300nm厚さのAg薄膜の金属反射層3；80nm厚さのZnO薄膜のバッファ層3a；0.5原子%水素を含む2μm厚さの多結晶光電変換層4；0.4μm厚さのアモルファス光電変換層6および80nm厚さのITO層の透明導電層5を含むタンデム型薄膜光電変換装置が作成された。

【0034】このタンデム型光電変換装置は、13.5mAの短絡電流、1.4Vの開放電圧、および13.5%の変換効率を有していた。すなわち、図7の薄膜光電変換装置に比べて、図10のタンデム型薄膜光電変換装置では短絡電流が減少するが、高い開放電圧を得ることができ、また短波長の光をアモルファス光電変換層6で効率よく吸収しつつ長波長の光を多結晶光電変換層4で吸収することかできる。このため、光電変換効率も著しく改善されることか分かる。

【0035】

【発明の効果】以上のように、本発明によれば、光吸収係数、特に長波長領域における光吸収係数が改善された薄膜光電変換装置を提供することができ、その薄膜光電変換装置においては大きな短絡電流および高い開放電圧が得られるとともに、高い光電変換効率を得ることができ、

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の1つの実施の形態による薄膜光電変換装置を模式的に示す断面図である。

(6)

【図2】図1における下地導電層2の断面の結晶構造を示す透過電子顕微鏡写真図である。

【図3】図2に示されているような下地導電層の表面テクスチャ構造における凹凸分布を表わすグラフである。

【図4】図1に示されているような薄膜光電変換装置における光学的吸収特性を示すグラフである。

【図5】図1に示されているような薄膜光電変換装置における外部量子効率を示すグラフである。

【図6】図1に示されているような薄膜光電変換装置における光電変換層の実効光子長を求めるためのグラフである。

【図7】本発明の他の実施の形態による薄膜光電変換装置の模式的な断面図である。

【図8】図7に示されているような薄膜光電変換装置の

断面の薄膜構造を示す透過電子顕微鏡写真図である。

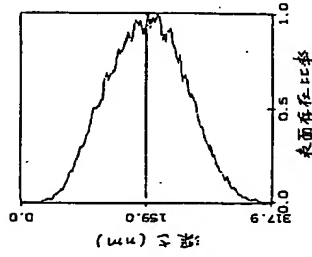
【図9】図7に示されているような薄膜光電変換装置において多結晶光電変換層と金属薄膜との間のバッファ層が分光感度の及ぼす影響を示すグラフである。

【図10】本発明のさらに他の実施の形態による薄膜光電変換装置を示す模式的な断面図である。

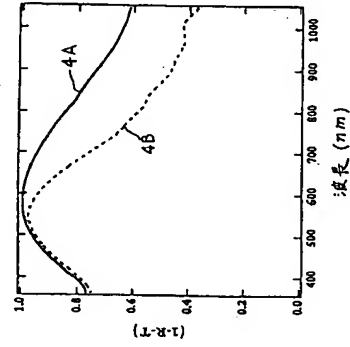
【符号の説明】

- 1 ガラス基板
- 2 下地導電層
- 3 金属反射層
- 3a 透明導電体のバッファ層
- 4 多結晶光電変換層
- 5 透明電極
- 6 アモルファス光電変換層

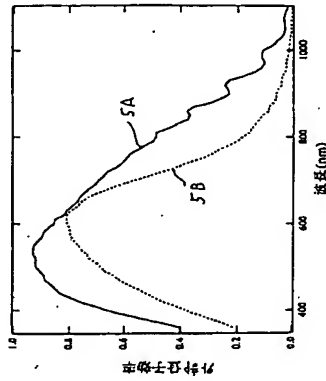
【図1】



【図4】



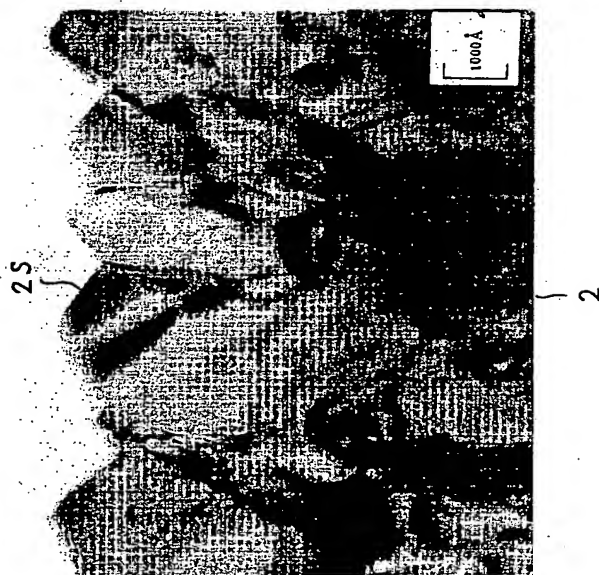
【図5】



(7)

【図2】

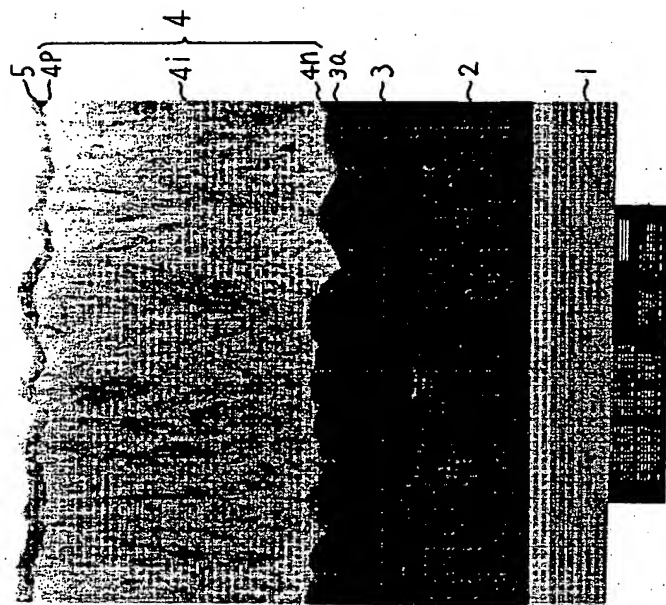
図面代用写真



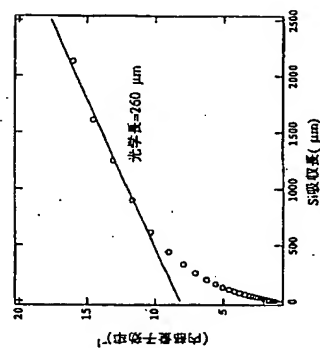
(8)

【図8】

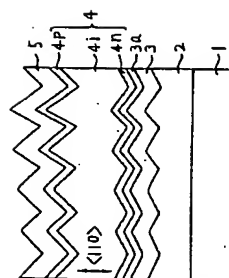
図面代用写真



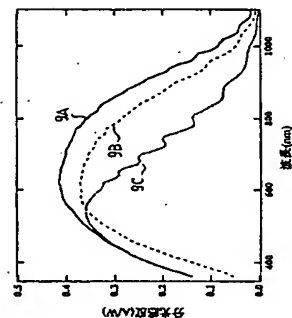
【図6】



【図7】



【図9】



【図10】

